



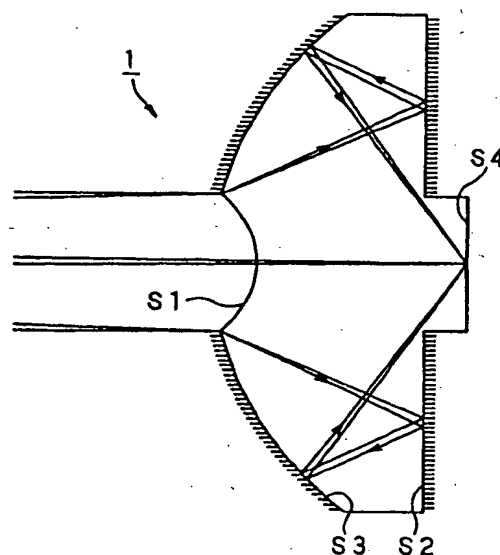
<b>(51) 国際特許分類6</b> G11B 7/135, G02B 17/08, 13/00, 13/18	<b>A1</b>	<b>(11) 国際公開番号</b> WO00/08642  <b>(43) 国際公開日</b> 2000年2月17日(17.02.00)
<b>(21) 国際出願番号</b> PCT/JP99/04089 <b>(22) 国際出願日</b> 1999年7月29日(29.07.99) <b>(30) 優先権データ</b> 特願平10/224887 1998年8月7日(07.08.98) JP <b>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)</b> ソニー株式会社(SONY CORPORATION)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo, (JP) <b>(72) 発明者 ; および</b> <b>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ)</b> 久保田重夫(KUBOTA, Shigeo)[JP/JP] 渡辺健次郎(WATANABE, Kenjiro)[JP/JP] 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo, (JP) <b>(74) 代理人</b> 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.) 〒105-0001 東京都港区虎ノ門二丁目6番4号 第11森ビル Tokyo, (JP)	<b>(81) 指定国</b> CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE) <b>添付公開書類</b> 国際調査報告書	

**(54) Title:** CATADIOPTRIC LENS, OPTICAL HEAD, AND OPTICAL RECORDING/REPRODUCING APPARATUS

**(54) 発明の名称** カタディオプトリックレンズ、光学ヘッド及び光記録再生装置

**(57) Abstract**

A catadioptric lens preferable when evanescent light is used and having substantially no coma. The catadioptric lens has first surface (S1) which is a concave refractive surface, a second surface (S2) which is a plane mirror, and a third surface (S3) which is a concave aspherical mirror coaxial with the first surface (S1). Incident parallel light is focused on the total reflection surface of a fourth surface (S4) through an opening provided in the second surface (S2). The radius of curvature of the first surface (S1) and the optical length  $d$  from the first surface (S1) to the vertex of the third surface (S3) are so determined as to satisfy the sine condition.



(57)要約

本発明は、エバネッセント光を利用する際に好適なカタディオプトリックレンズとして、コマ収差をほぼ完全に補正したレンズを提供することを目的とする。

本発明では、第1面S1が凹面屈折面、第2面S2が平面ミラー、第3面S3が第1面S1の凹面屈折面と同軸に配置された凹面非球面ミラーからなり、平行入射光が、第2面S2の平面ミラーに設けた開口を通して第4面S4の全反射平面上に結像するようになされたカタディオプトリックレンズにおいて、第1面S1の曲率半径と、第1面S1から第3面S3の頂点までの光学長dとを、正弦条件を満たすように設定する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	スリ・ランカ	SI	スロベニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	リベリア	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
BY	ベラルーシ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CA	カナダ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CC	中央アフリカ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明 細 書

カタディオプトリックレンズ、光学ヘッド及び光記録再生装置

## 技 術 分 野

本発明は、エバネッセント光を利用する際に好適なカタディオプトリックレンズに関する。また、本発明は、そのようなカタディオプトリックレンズを用いた光学ヘッド及び光記録再生装置に関する。

## 背 景 技 術

光記録媒体の高記録密度化を達成する手法として、エバネッセント光を利用することで、回折限界以下の微小な記録ピットでの記録再生を可能とする手法が考案されている。エバネッセント光を利用して光ディスクの記録再生を行う際は、レンズに対する入射光束がレンズ端面にて結像し、その大部分が当該レンズ端面で全反射されるようにする。このとき、レンズ端面と光記録媒体との間隔を十分に狭めておけば、エバネッセント光の一部が光記録媒体と結合してレンズ外に取り出され、当該エバネッセント光を利用した記録再生が可能となる。

なお、空气中でエバネッセント光が結合可能な距離は、例えばレンズの開口数NAが1.5の場合、100nmのオーダーである。したがって、エバネッセント光を利用して光記録媒体の記録再生を行う際は、レンズ端面と光記録媒体との間隔を、100nmのオー

ダー以下に保つ必要がある。これは、例えば、磁気ディスクにおいて使用されているフライングヘッドの技術を用いることで実現可能である。

すなわち、例えば、磁気ディスクにおいて使用されるているフライングヘッドの技術を用いて、レンズ端面と光記録媒体との間隔を  $100\text{ nm}$  のオーダー以下に保てば、エバネッセント光の一部が光記録媒体と結合することとなり、回折限界以下の微小な記録ピットでの記録再生が可能となる。

そして、このようなエバネッセント光を利用した記録再生に、カタディオプトリックレンズを用いる手法が、1998年5月、米国オプティカル・データ・ストレージ・ミーティングにて、サムソン・エレクトロニクス社のC. W. リー氏により提案されている。

ところが、C. W. リー氏が提案しているカタディオプトリックレンズのレンズデータを解析すると、コマ収差の補正が不完全であり、このカタディオプトリックレンズを使用するには、以下のような問題点があった。

エバネッセント光を利用する際は、入射光束をレンズ端面に小さいスポット径で結像させる必要がある。しかし、上記カタディオプトリックレンズではコマ収差の補正が不完全であるために、当該カタディオプトリックレンズを実装するときの取り付け角度誤差により光束の入射角が $\pm 1^\circ$ を越えるような状態となると、コマ収差が顕著に発生してしまい、入射光束をレンズ端面に小さいスポット径で結像させることができなくなってしまう。

しかも、エバネッセント光を利用する近視野光学系では、遠視野光学系で小さいスポット径で結像させる場合よりも、コマ収差の影

響が顕著に現れることが予想される。したがって、上記カタディオプトリックレンズを近視野光学系で用いることを考えると、当該カタディオプトリックレンズを実装するときに、その取り付け角度誤差を $\pm 1^\circ$ よりも遙かに小さくしなければならないことが予想される。

このように、上記カタディオプトリックレンズでは、コマ収差の補正が不完全であるために、その実装時に非常に精度良く取り付けることが要求される。特に、近視野光学系での使用に耐え得る精度での実装を実現することは非常に難しく、たとえ実現したとしても、製造コストが大幅に上昇することは必至である。

#### 発 明 の 開 示

本発明は、上述したような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、エバネッセント光を利用する際に好適なカタディオプトリックレンズとして、コマ収差をほぼ完全に補正したレンズを提供することにある。また、本発明は、そのようなカタディオプトリックレンズを用いた光学ヘッド及び光記録再生装置を提供することも目的とする。

本発明に係るカタディオプトリックレンズは、第1面が凹面屈折面、第2面が平面ミラー、第3面が第1面の凹面屈折面と同軸に配置された凹面非球面ミラーからなり、平行入射光が第2面の平面ミラーに設けた開口を通して第4面の全反射平面上に結像するようになされたカタディオプトリックレンズである。

ここで、 $r_1$ を第1面の曲率半径、 $r_3$ を第3面の中心曲率半径、

d を第 1 面から第 3 面頂点までの光学長、 $f_o(N)$ 、 $f_e(N)$  をレンズ媒質の屈折率 N の関数として表される係数として、正弦条件を満たす条件式を下記式 (1) で表す。

$$d/r_1 = f_o(N) \quad r_1/r_3 + f_e(N) \quad \dots (1)$$

そして、上記式 (1) を満たすときの第 1 面の曲率半径  $r_1$  の値を R、第 1 面から第 3 面頂点までの光学長 d の値を D とする。

そして、本発明に係るカタディオプトリックレンズは、第 1 面の曲率半径  $r_1$  が、 $R \pm 1\%$  の範囲内にあり、第 1 面から第 3 面頂点までの光学長 d が、 $D \pm 0.5\%$  の範囲内にあることを特徴とする。

なお、本発明に係るカタディオプトリックレンズは、上記第 1 面の前段にレンズが配置されていても良い。第 1 面の前段にレンズを配置することで、例えば、拡散光を平行光として第 1 面に入射させることができる。なお、カタディオプトリックレンズの第 1 面の前段に配置するレンズとしては、メニスカス凸レンズが好適である。

また、本発明に係るカタディオプトリックレンズは、第 1 乃至第 3 面を構成する第 1 のレンズ媒質と、第 4 面を構成する第 2 のレンズ媒質とを備え、第 1 のレンズ媒質によって構成される第 2 面を含む平面に、第 2 のレンズ媒質が接合されて構成されていても良い。このとき、第 2 のレンズ媒質には、磁界発生用コイルが埋設されていても良い。

また、本発明に係るカタディオプトリックレンズにおいて、第 3 面は、面頂点からの深さを X、光軸からの高さを Y、中心曲率半径を R、円錐係数を K、 $Y^4$  項の非球面係数を A、 $Y^6$  項の非球面係数を B、 $Y^8$  項の非球面係数を C、 $Y^{10}$  項の非球面係数を D としたとき、例えば、下記式 (2) で表される一般非球面とされる。

$$X = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}] + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} \dots (2)$$

また、本発明に係るカタディオプトリックレンズにおいて、レンズ媒質の屈折率は、使用波長領域において1.4以上であることが好ましい。レンズ媒質として、屈折率が高い媒質を用いることで、第4面に結像する光スポットの径を、より小さなものとすることができる。

以上のような本発明に係るカタディオプトリックレンズでは、非対称収差であるコマ収差がほぼ完全に補正され、軸外収差は対称収差である非点収差のみとなる。したがって、本発明に係るカタディオプトリックレンズでは、非点収差の影響が許容される範囲（およそ光束入射角が±3°までの範囲）において、レンズ端面に理想的なスポットを形成することができる。

なお、本発明に係る光学ヘッドは、以上のような本発明に係るカタディオプトリックレンズを対物レンズとして備えた光学ヘッドである。この光学ヘッドでは、対物レンズとして、コマ収差がほぼ完全に補正された本発明に係るカタディオプトリックレンズを用いているので、カタディオプトリックレンズの取り付け精度を従来に比べて大幅に緩和できる。

また、本発明に係る光記録再生装置は、以上のような本発明に係るカタディオプトリックレンズを対物レンズとして備えた光学ヘッドを用いて光記録媒体の記録及び／又は再生を行う。この光記録再生装置では、光学ヘッドの対物レンズとして、コマ収差がほぼ完全に補正された本発明に係るカタディオプトリックレンズを用いているので、カタディオプトリックレンズの取り付け精度を従来に比べて大幅に緩和できる。

## 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明を適用したカタディオプトリックレンズの一例を示す図である。

図 2 A 及び図 2 B は、図 1 に示したカタディオプトリックレンズの横収差図であり、図 2 A は半面角  $1^\circ$  の軸外での横収差を示す図、図 2 B は軸上での横収差を示す図である。

図 3 は、図 1 に示したカタディオプトリックレンズと、従来のカタディオプトリックレンズとについて、入射光の画角と、波面収差の RMS 値との関係を示す図である。

図 4 は、正弦条件を評価してコマ収差の補正を行い、カタディオプトリックレンズの最適化を行う際の処理の流れを示す図である。

図 5 は、カタディオプトリックレンズの第 1 面から第 3 面頂点までの光学長  $d$  を一定に保ったときの、第 1 面の曲率半径  $r_1$  と、正弦条件不満足量  $OSC$  との関係を示す図である。

図 6 は、カタディオプトリックレンズの第 1 面の曲率半径  $r_1$  を一定に保ったときの、第 1 面から第 3 面頂点までの光学長  $d$  と、正弦条件不満足量  $OSC$  との関係を示す図である。

図 7 は、レンズ媒質の屈折率  $N$  が 1.813 のとき、正弦条件不満足量  $= 0$  という条件を満たす、第 3 面の曲率半径で規格化された第 1 面の曲率半径の値  $r_1 / r_3$  と、第 3 面の曲率半径で規格化された第 1 面から第 3 面頂点までの光学長の値  $d / r_3$  との関係を示す図である。

図 8 は、本発明を適用したカタディオプトリックレンズの他の例



を示す図である。

図 9 A 及び図 9 B は、図 8 に示した光学系の横収差図であり、図 9 A は半画角  $1^\circ$  の軸外での横収差を示す図、図 9 B は軸上での横収差を示す図である。

図 10 は、本発明を適用した光学ヘッドの一例を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

本発明を適用したカタディオプトリックレンズの一例を図 1 に示す。このカタディオプトリックレンズ 1 は、凹面屈折面からなる第 1 面 S 1 と、平面ミラーからなる第 2 面 S 2 と、凹面非球面ミラーからなる第 3 面 S 3 と、全反射平面となる第 4 面 S 4 とを有する。

このカタディオプトリックレンズ 1 に入射した入射光束は、先ず、凹面屈折面からなる第 1 面 S 1 で拡大されて、平面ミラーからなる第 2 面 S 2 に入射する。次に、第 2 面 S 2 で反射され、凹面非球面ミラーからなる第 3 面 S 3 に入射する。次に、第 3 面 S 3 で反射され、第 2 面 S 2 の中央に設けられた開口を通して第 4 面 S 4 の全反射平面上に結像する。

以上のような本発明を適用したカタディオプトリックレンズ 1 のレンズデータを表 1 に示す。

(以下余白)

表 1

	曲率半径 [mm]	円錐係数及び 非球面係数	軸上間隔 [mm]	屈折率 (波長 $\lambda=650\text{nm}$ )
物体面	$\infty$	—	$\infty$	空気
第1面S1	-0.67	—	1.2	1.813
第2面S2	$\infty$	—	-1.5	反射
第3面S3	-2.5308	K:-1.567612 A: $0.113258 \times 10^{-1}$ B: $0.328582 \times 10^{-3}$ C: $0.292915 \times 10^{-4}$ D: $0.113498 \times 10^{-4}$	1.812138	反射
第4面S4	$\infty$	—	—	—
開口数NA=1.5 焦点距離f=0.6456mm				
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10}$ X:面頂点からの深さ Y:光軸からの高さ R:光軸上での曲率半径 K:円錐係数 A:Y <sup>4</sup> 項の非球面係数 B:Y <sup>6</sup> 項の非球面係数 C:Y <sup>8</sup> 項の非球面係数 D:Y <sup>10</sup> 項の非球面係数				

上記カタディオプトリックレンズ1について、その横収差性能を図2に示す。なお、図2Aは、半画角1°の軸外での横収差を示しており、図2Bは、軸上での横収差を示している。ここで、光源波長 $\lambda$ は650nmとしている。

図2に示すように、このカタディオプトリックレンズ1の横収差は、入射瞳を通過する全光束に亘って、フルスケールの1 $\mu\text{m}$ に比べてはるかに小さく、横収差の発生量は非常に小さくなっている。そして、横収差の発生量を、波面収差のRMS値（波面収差の射出瞳面上での標準偏差（Root Mean Square of Wave Front Error））

で表すと、軸上では0.002 $\lambda$ 、半画角1°の軸外では0.006 $\lambda$ であった。更に、図示していないが、半画角3°の軸外では、波面収差のRMS値は、0.04 $\lambda$ であった。

一般に、回折限界での収差性能を表すときには、マレシャルのクライテリオンが常用される。そして、マレシャルのクライテリオンは、波面収差のRMS値で0.07 $\lambda$ である。これに対して、上記カタディオプトリックレンズ1では、上述したように、波面収差のRMS値が、軸上で0.002 $\lambda$ 、半画角1°の軸外で0.006 $\lambda$ 、半画角3°の軸外で0.04 $\lambda$ であった。したがって、このカタディオプトリックレンズ1では、少なくとも軸上から半画角3°の軸外に至るまで、十分な回折限界性能を有しているといえる。

つぎに、上記カタディオプトリックレンズ1について、その軸外性能を図3に示す。なお、図3において、横軸は入射光の画角（半画角の値）を示しており、縦軸は波面収差のRMS値を示している。また、図3では、参考のために、上述したC. W. リー氏によって提案されたカタディオプトリックレンズ（以下、従来のカタディオプトリックレンズと称する。）の軸外性能も示しており、○で示したのが本発明を適用したカタディオプトリックレンズ1の場合、□で示したのが従来のカタディオプトリックレンズの場合である。

図3に示すように、従来のカタディオプトリックレンズでは、半画角が1°以下の領域において、波面収差のRMS値が、画角に対してほぼ直線的に増加している。波面収差のRMS値が画角に対して直線的に増加しているということは、軸外収差のうちでコマ収差が支配的であることを意味する。

一方、本発明を適用したカタディオプトリックレンズ1では、図

3に示す範囲において、波面収差のRMS値が、画角に対して2次関数的に増加している。波面収差のRMS値が画角に対して2次関数的に増加しているということは、軸外収差のうちで非点収差が支配的であることを意味する。

一般に、光記録媒体の記録再生に用いられる光学ヘッド用のレンズには、球面収差とコマ収差が良好に補正されていることが望まれる。そして、本発明を適用したカタディオプトリックレンズ1では、球面収差はやや多いものの極めてわずかであり、且つ、コマ収差が良好に補正されている。したがって、このカタディオプトリックレンズ1は、光学ヘッド用のレンズとして、非常に好適である。しかも、図3に示したように、本発明を適用したカタディオプトリックレンズ1では、波面収差のRMS値も、球面収差の支配する軸上付近を除いて、少なくとも半画角 $3^\circ$ までの範囲において、従来のカタディオプトリックレンズに比べて常に小さくなっている。

なお、マレシャルのクライテリオンは、遠視野光学系で小さいスポット径で結像する際の条件であり、エバネッセント光を利用する近視野光学系では、マレシャルのクライテリオンから予想される以上にコマ収差の影響が顕著に現れることが予想される。したがって、コマ収差の発生を抑えた本発明に係るカタディオプトリックレンズ1は、エバネッセント光を利用する近視野光学系に適用する際に、特に有用であると言える。

つぎに、本発明において、どのようにコマ収差の補正を行ったかについて説明する。

コマ収差を評価するにはいくつかの方法があるが、比較的容易に実行できるのは、3次のザイデルコマ収差係数を計算する方法であ

り、この方法については、松井吉哉著「レンズ設計法」（共立出版、昭和45年）に記載されている。しかしながら、本発明を適用したカタディオプトリックレンズのように高開口数レンズの場合、高次のコマ収差も同時に発生するので、評価量として3次のコマ収差係数を用いる手法は必ずしも適切とはいえない。

そこで、本発明においては、正弦条件を評価してコマ収差の補正を行った。すなわち、正弦条件を用いれば高次のコマ収差をも評価できるので、ここでは、正弦条件を評価してコマ収差の補正を行う手法を採用した。なお、非球面も含むレンズ系の正弦条件の計算法は、例えば、R. キングスレイク著「レンズ・デザイン・ファンダメンタルズ」（アカデミック・プレス社、1978年）に記載されている。

図4に示すように、正弦条件を評価してコマ収差の補正を行う際は、先ず、第1面の曲率半径 $r_1$ と、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ とを設定する。なお、このとき、開口数 $NA$ が所定の値になるように、光束径も調整しておく。そして、正弦条件を近軸光線追跡値と三角光線追跡値を用いて計算し、正弦条件を判定する。そして、正弦条件不満足量がほぼ0となるまで、適宜、第1面の曲率半径 $r_1$ と、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ とを設定し直して、正弦条件の反復計算を行う。

上記反復計算により正弦条件不満足量がほぼ0になったら、次に、汎用レンズ設計プログラム等を使用して、残留球面収差が最小になるように、円錐係数 $K$ 及び非球面係数 $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ の最適化を図る。そして、正弦条件を再計算して正弦条件判定を行い、正弦条件不満足量が多い場合には、第1面の曲率半径 $r_1$ と、第1面から第

3面頂点までの光学長 $d$ とを設定し直して計算を繰り返す。

以上のような計算を行うことにより、高次のコマ収差をも含めて、コマ収差を補正することができる。

ここで、実際に以上のような計算を行ったときの計算結果の一部を表2に示す。なお、ここでは、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を一定の保ちつつ、第1面の曲率半径 $r_1$ を変化させながら、縦の球面収差 $LA$ と正弦条件不満足量 $OSC$ を計算した。このとき、開口数 $NA$ は、入射光束系を調整して一定値を取るようにした。また、計算に際し、入射瞳は第3面の非球面反射面においた。

表 2

$r_1$	$d$	$LA$	$OSC$	$NA$
0.65	-2.7	-0.0646826	-0.0081699	1.4999
0.67	-2.7	-0.0662784	0.0001478	1.5000
0.70	-2.7	-0.0685404	0.0112814	1.5000
0.72	-2.7	-0.0699606	0.0179294	1.4999

表2において、 $r_1$ は第1面の曲率半径、 $d$ は第1面から第3面頂点までの光学長、 $NA$ は開口数、 $LA$ は縦の球面収差、 $OSC$ は正弦条件不満足量である。また、符号の規約はキングスレイクの定義に従って、慣用とは反対符号とした。また、表2において、 $r_1 = 0.70$ が従来のカタディオプトリックレンズの場合である。

表2に示すように、 $r_1 = 0.70$ の従来のカタディオプトリックレンズでは、正弦条件不満足量 $OSC$ がおおよそ0.0113である。コンラディによれば、望遠鏡や顕微鏡等において正弦条件不満足量 $OSC$ は、 $\pm 0.0025$ 以内であるべきとされているが、従来の

カタディオプトリックレンズの正弦条件不満足量OSCは、コンラディのクライテリオンを逸脱している。一方、第1面の曲率半径 $r_1$ をおよそ5%減じて、 $r_1 = 0.67$ にすると、正弦条件不満足量がほぼ0になる。なお、このとき、球面収差の絶対値はやや増加する。

ここで、表2に示した計算結果をプロットしたグラフを図5に示す。図5において、横軸は第1面の曲率半径 $r_1$ 、縦軸は正弦条件不満足量OSCである。また、図5において、点線は、コンラディのクライテリオンの範囲( $\pm 0.0025$ )を示している。

図5に示すように、コンラディのクライテリオンを満たす第1面の曲率半径 $r_1$ の範囲は、およそ0.66335から0.67591の範囲であり、0.67はほぼその中央に位置している。したがって、コンラディのクライテリオンを満たす第1面の曲率半径 $r_1$ の範囲は、およそ $0.67 \pm 1\%$ である。

ところで、第1面の曲率半径 $r_1$ を一定に保ちつつ、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を変化させても、正弦条件不満足量OSCは変化する。そこで、第1面の曲率半径 $r_1$ を一定に保ちつつ、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を変化させて、正弦条件不満足量OSCを計算した。その計算結果を図5と同様にプロットしたグラフを図6に示す。図6において、横軸は第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ 、縦軸は正弦条件不満足量OSCである。また、図6において、点線は、コンラディのクライテリオンの範囲( $\pm 0.0025$ )を示している。

図6に示すように、コンラディのクライテリオンを満たす、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ の範囲は、およそ-2.7122

から -2.68312 の範囲であり、-2.7 はほぼその中央に位置している。したがって、コンラディのクライテリオンを満たす、第1面から第3面頂点までの光学長  $d$  の範囲は、絶対値で表すとおよそ  $2.7 \pm 0.5\%$  である。

図5及び図6の結果から、正弦条件不満足量 = 0 という条件を満足する  $(r_1, d)$  の集合の存在が予想されるが、事実、この条件を満たす点  $(r_1, d)$  の軌跡はほぼ直線となる。ここで、直線の係数は、レンズ媒質の屈折率  $N$  の関数となる。

したがって、正弦条件不満足量 = 0 を満足するとき、第3面の中心曲率半径  $r_3$  で規格化した第1面の曲率半径  $r_1$  と、第3面の中心曲率半径  $r_3$  で規格化した第1面から第3面頂点までの光学長  $d$  との関係は、下記式 (1-1) に示す一次関数式で表される。なお、下記式 (1-1) において、係数  $f_1(N)$ 、 $f_2(N)$  は、レンズ媒質の屈折率  $N$  の関数である。

$$d/r_3 = f_1(N) r_1/r_3 + f_2(N) \quad \dots (1-1)$$

具体例として、レンズ媒質の屈折率  $N$  を 1.813 としたとき、正弦条件不満足量 = 0 を満足する  $d/r_3$  と  $r_1/r_3$  との関係を計算した結果を図7に示す。図7に示すように、レンズ媒質の屈折率  $N$  が 1.813 のとき、正弦条件不満足量 = 0 という条件を満たす点の軌跡は、ほぼ直線で表される。そして、この直線 L1 は下記式 (1-2) に示す一次関数式で表される。

$$d/r_3 = 2.3234 r_1/r_3 - 1.6931 \quad \dots (1-2)$$

すなわち、レンズ媒質の屈折率  $N$  が 1.813 のときには、上記式 (1-2) に示す一次関数式を満足するように、第1面の曲率半径  $r_1$  と、第1面から第3面頂点までの光学長  $d$  とを設定すれば、正



弦条件不満足量がほぼ0となり、高次のものも含めてコマ収差の発生が抑えられることとなる。

なお、図7では、参考として、従来のカタディオプトリックレンズがどこに位置するかもプロットしており、従来のカタディオプトリックレンズでは、上記式(1-2)に示した一次関数式から外れることが見て取れる。また、図7から、正弦条件不満足量=0という条件を満たすとき、第3面の中心曲率半径 $r_3$ で規格化した第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ は1に近い値となることが分かる。

ところで、上述したように、コンラディのクライテリオンを満たすようにするには、第1面の曲率半径 $r_1$ を最適値の $\pm 1\%$ の範囲内に抑え、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を最適値の $\pm 0.5\%$ の範囲内に抑えれば良い。そこで、本発明では、上記式(1-1)を満たすときの第1面の曲率半径 $r_1$ の値を $R$ 、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ の値を $D$ としたとき、第1面の曲率半径 $r_1$ を $R \pm 1\%$ の範囲内と規定し、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を $D \pm 0.5\%$ の範囲内と規定している。

すなわち、第1面の曲率半径 $r_1$ を $R \pm 1\%$ の範囲内とし、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ を $D \pm 0.5\%$ の範囲内とすることにより、高次のものも含めてコマ収差の発生を抑えて、コンラディのクライテリオンを満たすことが可能となる。

なお、本発明は、上述した例に限定されるものではない。すなわち、例えば、レンズ媒質の屈折率や、第3面の中心曲率半径等は、上述の例と異なっても良い。これらが異なっている場合も、上述したように正弦条件を評価量としてコマ収差を補正することにより、高次のものも含めてコマ収差の発生を抑制したカタディオプト

リックレンズを得ることができる。

つぎに、図 1 に示したようなカタディオプトリックレンズの第 1 面の前段に、凸レンズを配置した例を図 8 に示す。

図 8 に示した光学系は、単一モード光ファイバー等の光源から出射された拡散光を結像するための光学系であり、プリズム 5 と、凸レンズ 6 と、カタディオプトリックレンズ 7 とがこの順に配置されてなる。この光学系のレンズデータを表 3 に示す。なお、面番号は図 8 に示す通りである。

(以下余白)

表 3

	曲率半径 [mm]	円錐係数及び 非球面係数	軸上間隔 [mm]	屈折率 (波長 $\lambda=650\text{nm}$ )	硝材
物体面	$\infty$	—	2.448820	空気	—
第1面S1	$\infty$	—	4	1.51452	BK7
第2面S2	$\infty$	—	0.2	空気	—
第3面S3	152.93265	—	0.2	1.77666	SF11
第4面S4	-4.30933	—	0.35	空気	—
第5面S5	-0.67	—	1.1842	1.8007	SLA453
第6面S6	$\infty$	—	-1.5158	反射	—
第7面S7	-2.5308	K:-0.119192 A: $0.163133 \times 10^{-3}$ B: $0.275907 \times 10^{-4}$ C: $0.147 \times 10^{-5}$ D: $0.127 \times 10^{-5}$	1.5158	反射	—
第8面S8	$\infty$	—	0.0003	1.5612	BACD11 (接着剤)
第9面S9	$\infty$	—	0.29367	1.8007	SLA453 (基板)
像面	$\infty$	—	—	—	—
像側開口数 : 1.5                      物体側開口数 : 0.1 合成焦点距離 : 0.7546mm          倍率 : 0.0666 物像距離 : 8.677mm                  像高 : 0.005mm 軸上色収差 : 44nm (5nmの波長シフトに対して) 像面湾曲 : 49nm (像高5 $\mu\text{m}$ において) 正弦条件不満足量 : $3.5 \times 10^{-5}$					
非球面式 $X = \frac{Y^2/R}{1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10}$ X: 面頂点からの深さ                  Y: 光軸からの高さ R: 光軸上での曲率半径                K: 円錐係数                                  A: $Y^4$ 項の非球面係数 B: $Y^6$ 項の非球面係数                C: $Y^8$ 項の非球面係数                    D: $Y^{10}$ 項の非球面係数					

つぎに、この光学系の横収差性能を図9に示す。図9Aは、半画角 $1^\circ$ の軸外での横収差を示しており、図9Bは、軸上での横収差を示している。なお、ここでは、入射瞳位置をプリズム5の前面におき、像高 $5\mu\text{m}$ においては瞳半径の15%の口径食（ヴィグネティング）を仮定している。また、評価は、 $647.5\text{nm}$ 、 $650\text{nm}$ 、 $652.5\text{nm}$ の3波長において行った。

図9に示すように、この光学系における横収差は、入射瞳を通過する全光束に亘って、フルスケールの $1\mu\text{m}$ に比べてはるかに小さく、横収差の発生量は非常に小さなものとなっている。

なお、この光学系では、表3に示すように、カタディオプトリックレンズ7の第1面の前段に配置するレンズ6の硝材として高分散のSF11を用い、カタディオプトリックレンズ7の硝材として低分散のSLAH53を用いている。このように、高分散の硝材からなるレンズと、低分散の硝材からなるレンズとを組み合わせることで、色収差の補正も行うことができる。

つぎに、本発明を適用した光学ヘッドの一例を図10に示す。この光学ヘッド10は、光磁気ディスク15に対して記録再生を行うための光学ヘッドであり、エバネッセント光を利用することで、回折限界以下の微小な記録ピットでの記録再生が可能となっている。

ここで、記録再生の対象となる光磁気ディスク15は、ディスク基板上に光磁気記録層が形成されてなり、当該光磁気記録層の側が光学ヘッド10に対向するようになされる。すなわち、上記光学ヘッド10は、光磁気ディスク15のディスク基板の側ではなく、光磁気記録層の側に配置される。これは、上記光学ヘッド10はエバネッセント光を利用して記録再生を行うため、光学ヘッド10と光

磁気ディスク 15 の光磁気記録層との間隔を十分に狭める必要があるからである。

この光学ヘッド 10 は、ガラス基盤 20 と、ガラス基盤 20 の上に配されたスライダ 25 と、スライダ 25 を支持する弾性部材 30 と、レーザー光源からのレーザー光を伝搬する単一モードの光ファイバー 35 と、光ファイバー 35 から出射されたレーザー光を反射する可動ミラー 40 と、可動ミラー 40 によって反射されたレーザー光の光軸上に配された  $1/4$  波長板 45 と、 $1/4$  波長板 45 を透過してきたレーザー光の光軸上に配置されたプリズム 50 と、プリズム 50 から出射されたレーザー光を平行光とするためのコリメーターレンズ 55 と、コリメーターレンズ 55 によって平行光とされたレーザー光が入射されるカタディオプトリックレンズ 60 と、カタディオプトリックレンズ 60 の結像点の周囲に配置された磁界発生用コイル 65 とを備えている。

なお、この光学ヘッド 10 の光学系は、プリズム 50 で光路を折り返す形になっているが、図 8 に示した光学系と等価である。なお、図 10 中の点線は、光路を折り返さなかった場合の光学系（すなわち図 8 に示した光学系）を示している。

この光学ヘッド 10 において、カタディオプトリックレンズ 60 は、第 1 面 60 a、第 2 面 60 b 及び第 3 面 60 c を構成する第 1 のレンズ媒質 61 と、第 4 面 60 d を構成する第 2 のレンズ媒質 62 とを備えており、第 1 のレンズ媒質 61 によって構成される第 2 面 60 d を含む平面に、第 2 のレンズ媒質 62 が接合されてなる。そして、この第 2 のレンズ媒質 62 は、ガラス基盤 20 の一部によって構成されている。すなわち、ガラス基盤 20 は、カタディオプ

トリックレンズ60の一部を兼ねており、カタディオプトリックレンズ60は、第1のレンズ媒質61を、ガラス基盤20に接合することにより構成されている。

そして、カタディオプトリックレンズ60の一部を兼ねているガラス基盤20には、磁界発生用コイル65が埋設されている。換言すれば、カタディオプトリックレンズ60を構成する第2のレンズ媒質62には、磁界発生用コイル65が埋設されている。この磁界発生用コイル65は、光磁気ディスク15に対する記録時に、光磁気ディスク15に対して記録磁界を印加するためのものであり、カタディオプトリックレンズ60の結像点の周囲を取り巻くように形成されている。すなわち、カタディオプトリックレンズ60に入射したレーザ光は、磁界発生用コイル65の中央において、ガラス基盤20の端面に結像する。なお、このような磁界発生用コイル65は、例えば、薄膜プロセスにより薄膜コイルパターンをガラス基盤20に埋設することにより形成する。

この光学ヘッド10を用いて光磁気ディスク15に対して記録再生を行うときは、光磁気ディスク15を回転駆動させて、当該光磁気ディスク15上において、光学ヘッド10を浮上させる。このとき、弾性部材30によって、弾性を持たせた状態でスライダ25を支持することにより、ガラス基盤20と光磁気ディスク15との間隔が、100nmのオーダー以下に保たれるようにしておく。

そして、光学ヘッド10を光磁気ディスク15上において浮上させた状態で、レーザ光源からレーザ光を出射し、当該レーザ光を光ファイバー35によって伝搬する。光ファイバー35によって伝搬され、当該光ファイバー35から出射されたレーザ光は、可動

ミラー 40 によって反射される。

そして、可動ミラー 40 によって反射されたレーザ光は、 $1/4$ 波長板 45 を介してプリズム 50 に入射する。ここで、 $1/4$ 波長板 45 は、使用波長で片道  $90^\circ$  のリターダンスを与えるという理由で、光ファイバー 35 で発生するリターダンスを往復で補償するために挿入している。

なお、本例では、プリズム 50 に反射膜がコートされていることを前提としており、 $1/4$ 波長板 45 でリターダンスを与えるようにしている。しかし、プリズム斜面への入射角はほぼ  $45^\circ$  であるから、プリズム 50 での全反射を利用してリターダンスを発生させることもできる。このリターダンスは、プリズム 50 の屈折率で決まり、BACD11 のようなガラスを用いると、リターダンスは、全反射 1 回でほぼ  $46^\circ$  となる。したがって、プリズム 50 で全反射を 2 回させると、ほぼ  $90^\circ$  のリターダンスを与えることができ、 $1/4$ 波長板 45 の機能をプリズム 50 に兼ねさせることができる。

$1/4$ 波長板 45 を介してプリズム 50 に入射したレーザ光は、プリズム 50 の内部で反射して折り返されて、コリメータレンズ 55 へ導かれる。コリメータレンズ 55 に入射したレーザ光は、当該コリメータレンズ 55 によって平行光とされた上で、カタディオプトリックレンズ 60 に入射する。

カタディオプトリックレンズ 60 に入射したレーザ光は、先ず、凹面屈折面からなる第 1 面 60a で拡大されて、平面ミラーからなる第 2 面 60b に入射する。次に、第 2 面 60b で反射され、凹面非球面ミラーからなる第 3 面 60c に入射する。次に、第 3 面 60c で反射され、第 2 面 60b の中央に設けられた開口を通して第 4

面 6 0 d の全反射平面上に結像する。

このとき、レーザ光の大部分は第 4 面 6 0 d において全反射するが、このとき、第 4 面 6 0 d と光磁気ディスク 1 5 との間隔を 1 0 0 n m のオーダー以下に保つようにしているので、エバネッセント光の一部が光磁気ディスク 1 5 と結合してレンズ外に取り出される。そして、この光学ヘッド 1 0 では、このエバネッセント光を利用して光磁気ディスク 1 5 に対する記録再生を行う。

なお、記録時には、上述のようにエバネッセント光を光磁気ディスク 1 5 に結合させるとともに、磁界発生用コイル 6 5 に電流を流して磁界を発生させて、エバネッセント光が光磁気ディスクと結合している部分に当該磁界を印加する。これにより、光磁気ディスク 1 5 に対して光磁気記録を行う。ここで、光磁気記録の方式は、記録する情報信号に対応させて光磁気ディスク 1 5 に印加する磁界の強度を変調する磁界強度変調方式であっても、記録する情報信号に対応させて光磁気ディスク 1 5 に照射する光の強度を変調する光強度変調方式であっても良い。

ところで、この光学ヘッド 1 0 において、可動ミラー 4 0 には、図示しないアクチュエータを取り付けておき、当該アクチュエータを駆動することにより、可動ミラー 4 0 によるレーザ光の反射角を変化させることができるようにしておく。可動ミラー 4 0 によるレーザ光の反射角を変化させると、カタディオプトリックレンズ 6 0 に入射する入射光束の傾き角が変化する。その結果、カタディオプトリックレンズ 6 0 の第 4 面 6 0 d における結像点が、可動ミラー 6 0 の動作方向に移動する。

すなわち、この光学ヘッド 1 0 では、可動ミラー 4 0 によるレー



ザ光の反射角を変化させることで、カタディオプトリックレンズ60の第4面60dにおける結像点を、可動ミラー40の動作方向に走査することが可能となっている。これを利用することで、この光学ヘッド10では、例えば、いわゆる視野内アクセスや視野内トラッキングを行うようなことが可能となっている。

なお、従来のカタディオプトリックレンズでは、入射光束の傾き角が変化するとコマ収差が発生するので、入射光束の傾き角を変化させて用いるようなことは不可能であった。一方、上記光学ヘッド10に搭載されているカタディオプトリックレンズ60は、コマ収差の補正がほぼ完全になされている。したがって、上記光学ヘッド10では、カタディオプトリックレンズ60に入射する入射光束の傾き角を変化させて、視野内アクセスや視野内トラッキングを行うようなことが可能となっている。

なお、本発明を適用した光学ヘッド10のポイントは、カタディオプトリックレンズ60にあるので、以上の説明では、光磁気ディスク15に照射するレーザ光を集光するカタディオプトリックレンズ60を含む光学系の部分を中心に説明し、その他の光学系の詳細については説明を省略した。しかし、実際には、光学ヘッド10には、光磁気ディスク15によって反射されて戻ってきた戻り光を検出する光学系も設けられることは言うまでもない。

また、本発明は、光磁気ディスクに対して記録再生を行うための光学ヘッド以外にも適用可能であり、対象となる光記録媒体は、例えば、相変化型光ディスクや、エンボスピットによって情報信号が予め書き込まれた再生専用光ディスク等であってもよい。ただし、対象となる光記録媒体が、相変化型光ディスクや、エンボスピット

によって情報信号が予め書き込まれた再生専用光ディスク等のように、記録再生に磁界を用いない記録媒体の場合には、磁界発生用コイルは不要となる。

#### 産業上の利用可能性

本発明に係るカタディオプトリックレンズは、軸外収差のうちコマ収差がほぼ完全に補正されており、入射光束の入射角の範囲として、少なくとも $\pm 3^\circ$ 程度までは十分に許容可能となる。

このように、本発明に係るカタディオプトリックレンズは、コマ収差がほぼ完全に補正されており、入射光束の入射角の許容範囲を広くとれるので、レンズ取り付け精度を従来に比べて大幅に緩和できる。したがって、カタディオプトリックレンズを光学ヘッド等を実装するようなときに、組み立てプロセスが容易になり、短時間で正確な組み立てを完了することが可能となる。

更に、本発明に係るカタディオプトリックレンズでは、コマ収差がほぼ完全に補正されているので、可動ミラー等を用いて入射光束の傾き角を高速で変化させて、可動ミラーの動作方向に結像点を走査するようなことも可能となる。これを利用することで、例えば、光学ヘッドにおける、いわゆる視野内アクセスや視野内トラッキングが可能になる。

また、本発明に係る光学ヘッド及び光記録再生装置は、軸外収差のうちコマ収差がほぼ完全に補正されたカタディオプトリックレンズを用いるようにしているので、当該カタディオプトリックレンズの取り付け精度を従来に比べて大幅に緩和できる。したがって、カ

タディオプトリックレンズを実装するときの組み立てプロセスが容易になり、短時間で正確な組み立てを完了することが可能となる。

更に、本発明に係る光学ヘッド及び光記録再生装置では、軸外収差のうちコマ収差がほぼ完全に補正されたカタディオプトリックレンズを用いるようにしているので、カタディオプトリックレンズに入射する入射光束の傾き角を可動ミラー等を用いて高速で変化させて、可動ミラーの動作方向に結像点を走査するようなことも可能となる。これを利用することで、例えば、いわゆる視野内アクセスや視野内トラッキングを行うようなことも可能となる。

## 請 求 の 範 囲

1. 第1面が凹面屈折面、第2面が平面ミラー、第3面が第1面の凹面屈折面と同軸に配置された凹面非球面ミラーからなり、平行入射光が第2面の平面ミラーに設けた開口を通して第4面の全反射平面上に結像するようになされたカタディオプトリックレンズにおいて、

$r_1$ を第1面の曲率半径、 $r_3$ を第3面の中心曲率半径、 $d$ を第1面から第3面頂点までの光学長、 $f_1(N)$ 、 $f_3(N)$ をレンズ媒質の屈折率 $N$ の関数として表される係数とし、正弦条件を満たす条件式を下記式(1)で表し、

$$d/r_3 = f_1(N) r_1 / r_3 + f_3(N) \quad \dots(1)$$

上記式(1)を満たすときの第1面の曲率半径 $r_1$ の値を $R$ 、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ の値を $D$ としたとき、

第1面の曲率半径 $r_1$ は、 $R \pm 1\%$ の範囲内にあり、

第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ は、 $D \pm 0.5\%$ の範囲内にあること

を特徴とするカタディオプトリックレンズ。

2. 上記第1面の前段にレンズが配置されていること

を特徴とする請求の範囲第1項記載のカタディオプトリックレンズ。

3. 第1乃至第3面を構成する第1のレンズ媒質と、第4面を構成する第2のレンズ媒質とを備え、

上記第1のレンズ媒質によって構成される第2面を含む平面に、上記第2のレンズ媒質が接合されてなること

を特徴とする請求の範囲第1項記載のカタディオプトリックレンズ。

4. 上記第2のレンズ媒質には、磁界発生用コイルが埋設されていること

を特徴とする請求の範囲第3項記載のカタディオプトリックレンズ。

5. 上記第3面は、面頂点からの深さをX、光軸からの高さをY、中心曲率半径をR、円錐係数をK、 $Y^4$ 項の非球面係数をA、 $Y^6$ 項の非球面係数をB、 $Y^8$ 項の非球面係数をC、 $Y^{10}$ 項の非球面係数をDとしたとき、下記式(2)で表される一般非球面であること

$$X = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+K)(Y/R)^2\}^{1/2}] + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} \dots (2)$$

を特徴とする請求の範囲第1項記載のカタディオプトリックレンズ。

6. レンズ媒質の屈折率が、使用波長領域において1.4以上であること

を特徴とする請求の範囲第1項記載のカタディオプトリックレンズ。

7. 第1面が凹面屈折面、第2面が平面ミラー、第3面が第1面の凹面屈折面と同軸に配置された凹面非球面ミラーからなり、平行入射光が第2面の平面ミラーに設けた開口を通して第4面の全反射平面上に結像するようになされたカタディオプトリックレンズを対物レンズとして備え、

上記カタディオプトリックレンズは、

$r_1$ を第1面の曲率半径、 $r_3$ を第3面の中心曲率半径、 $d$ を第1面から第3面頂点までの光学長、 $f_o(N)$ 、 $f_e(N)$ をレンズ媒

質の屈折率 $N$ の関数として表される係数とし、正弦条件を満たす条件式を下記式(3)で表し、

$$d/r_3 = f_1(N) \cdot r_1/r_3 + f_2(N) \quad \dots(3)$$

上記式(3)を満たすときの第1面の曲率半径 $r_1$ の値を $R$ 、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ の値を $D$ としたとき、

第1面の曲率半径 $r_1$ が、 $R \pm 1\%$ の範囲内にあり、

第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ が、 $D \pm 0.5\%$ の範囲内にあること

を特徴とする光学ヘッド。

8. 光学ヘッドを用いて光記録媒体の記録及び／又は再生を行う光記録再生装置であって、

上記光学ヘッドは、

第1面が凹面屈折面、第2面が平面ミラー、第3面が第1面の凹面屈折面と同軸に配置された凹面非球面ミラーからなり、平行入射光が第2面の平面ミラーに設けた開口を通して第4面の全反射平面上に結像するようになされたカタディオプトリックレンズを対物レンズとして備え、

上記カタディオプトリックレンズは、

$r_1$ を第1面の曲率半径、 $r_3$ を第3面の中心曲率半径、 $d$ を第1面から第3面頂点までの光学長、 $f_1(N)$ 、 $f_2(N)$ をレンズ媒質の屈折率 $N$ の関数として表される係数とし、正弦条件を満たす条件式を下記式(4)で表し、

$$d/r_3 = f_1(N) \cdot r_1/r_3 + f_2(N) \quad \dots(4)$$

上記式(4)を満たすときの第1面の曲率半径 $r_1$ の値を $R$ 、第1面から第3面頂点までの光学長 $d$ の値を $D$ としたとき、

第1面の曲率半径  $r_1$  が、 $R \pm 1\%$  の範囲内にあり、  
第1面から第3面頂点までの光学長  $d$  が、 $D \pm 0.5\%$  の範囲内  
にあること  
を特徴とする光記録再生装置。

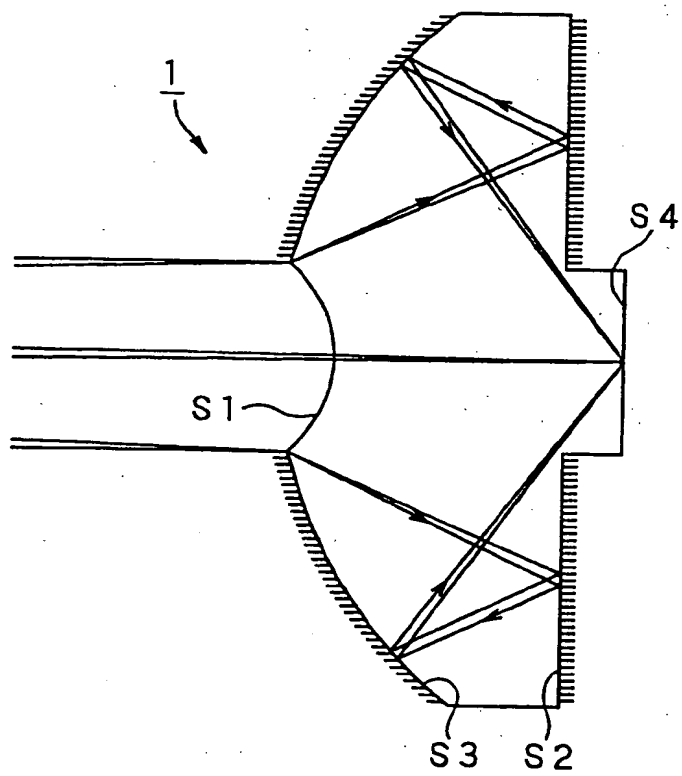


FIG. 1



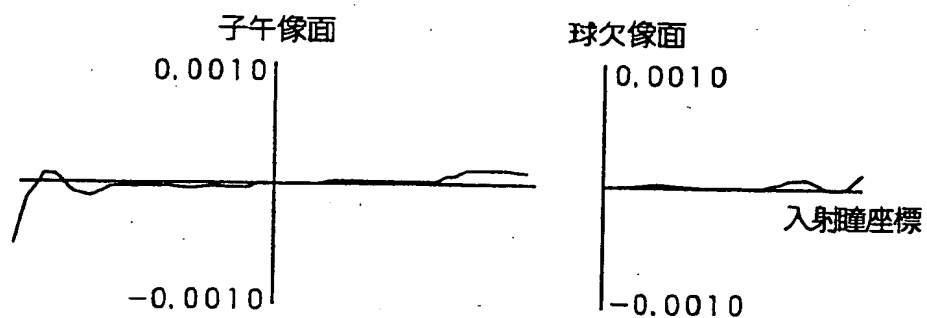
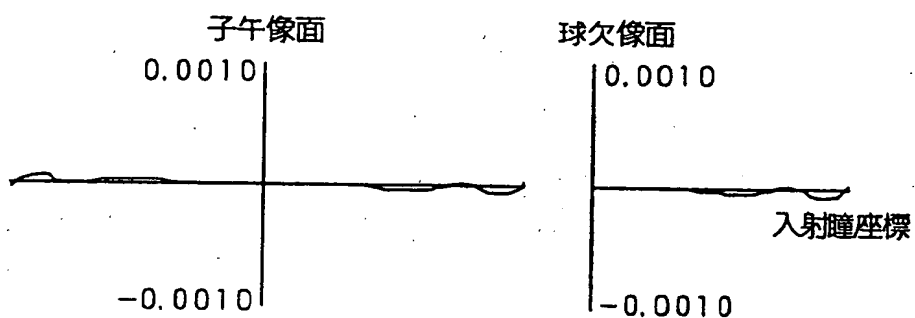
軸外 (半画角  $1^\circ$ )

FIG. 2A

軸上



単位：ミリメートル

FIG. 2B

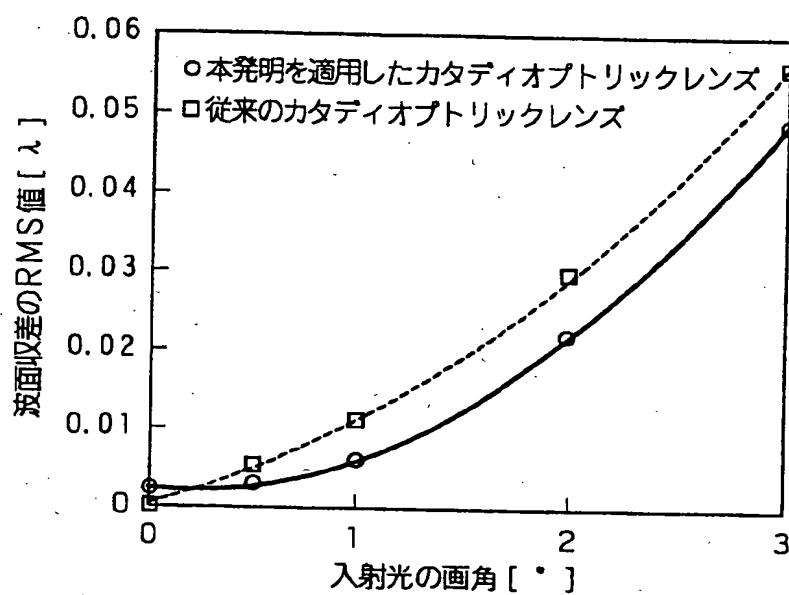


FIG. 3

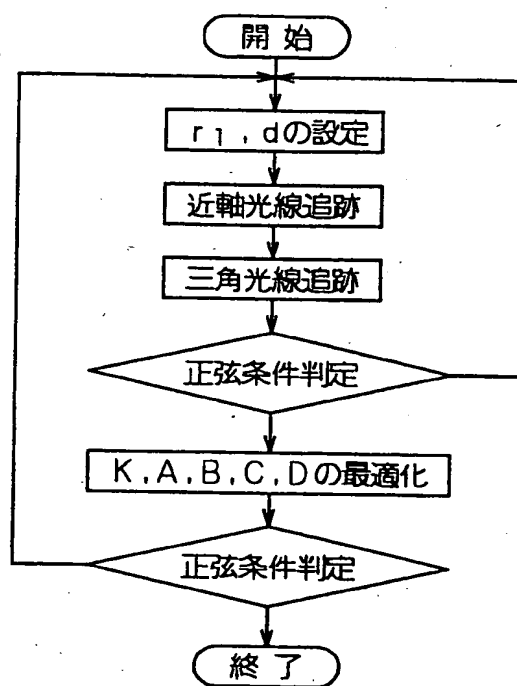


FIG. 4

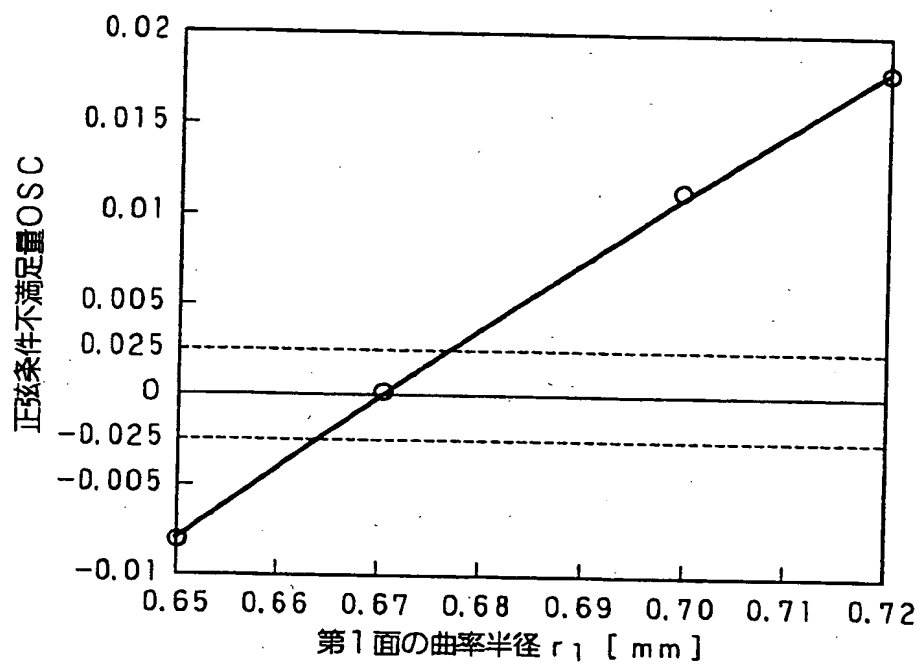


FIG. 5

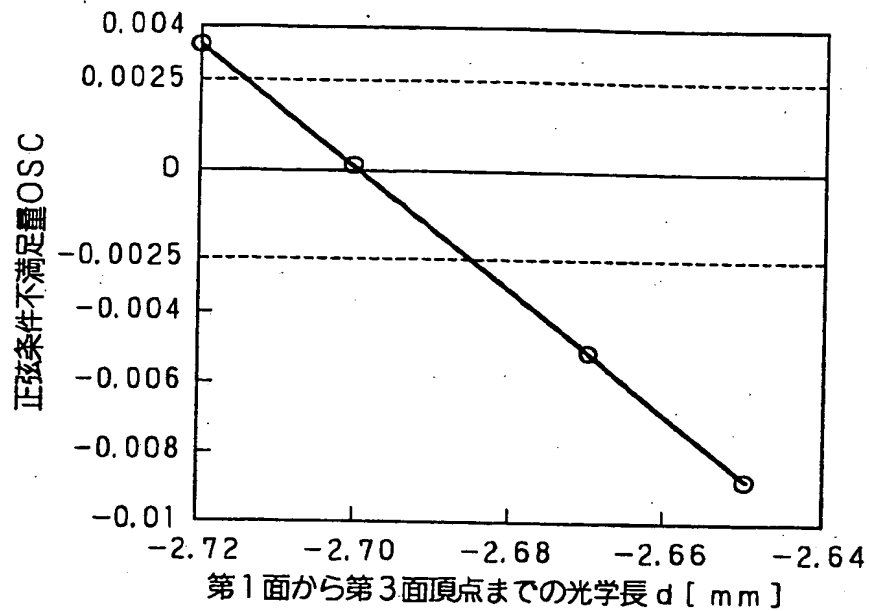


FIG. 6

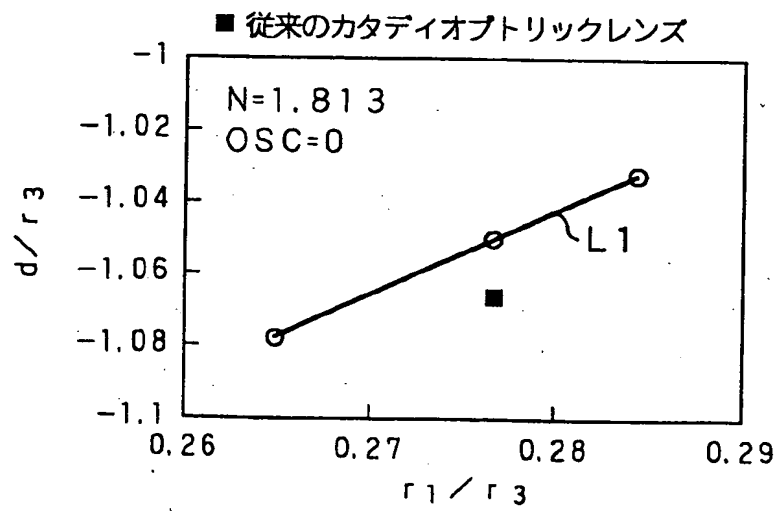


FIG. 7

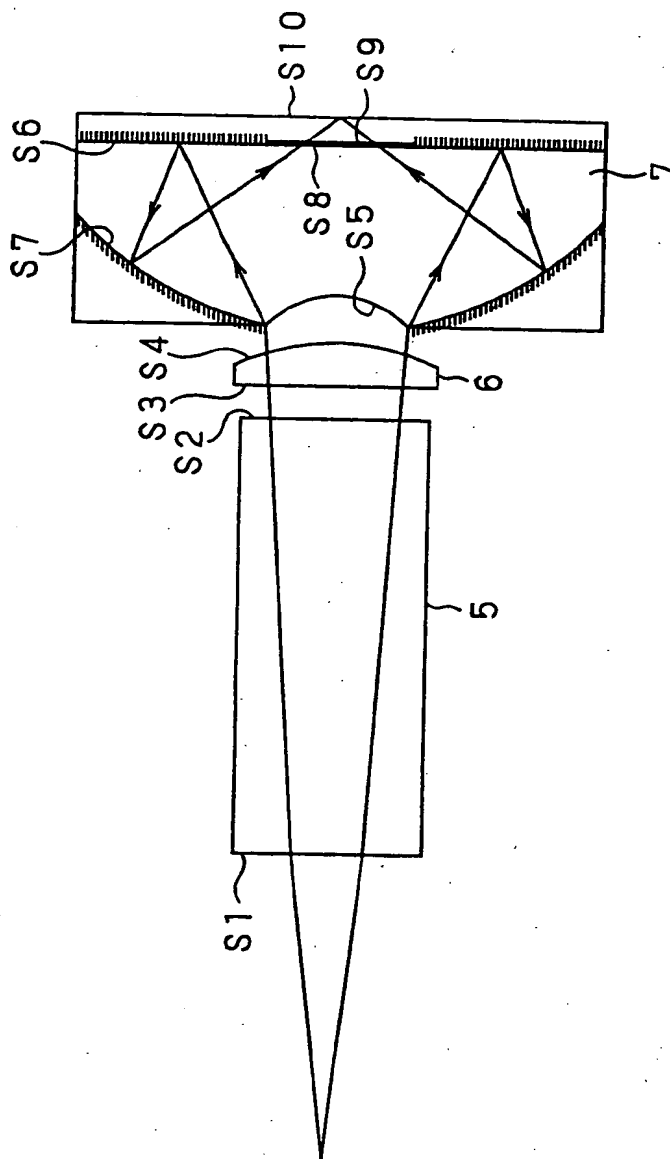


FIG. 8

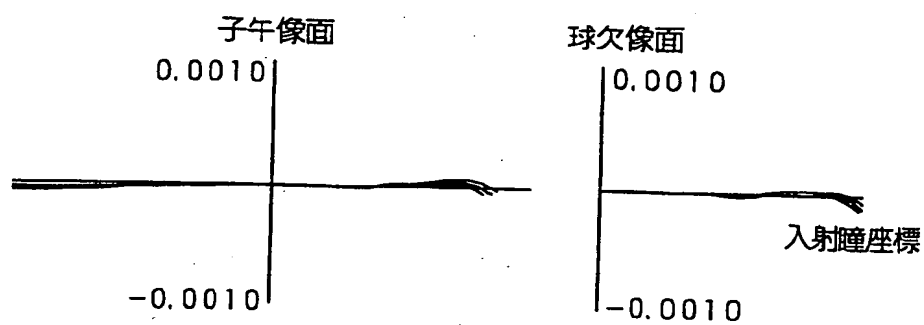
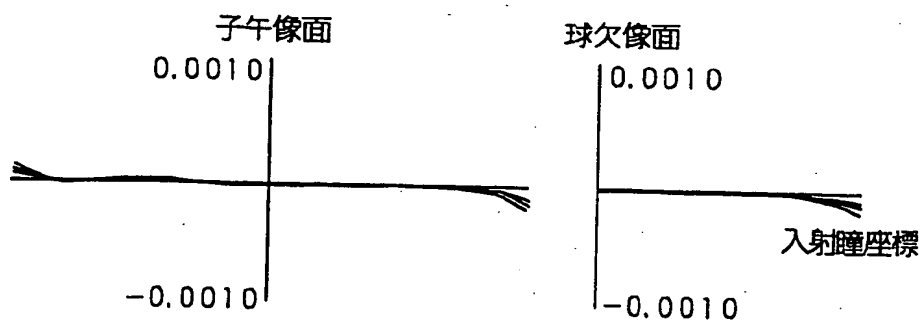
軸外 (半面角  $1^\circ$ )

FIG. 9A

軸上



単位：ミリメートル

FIG. 9B

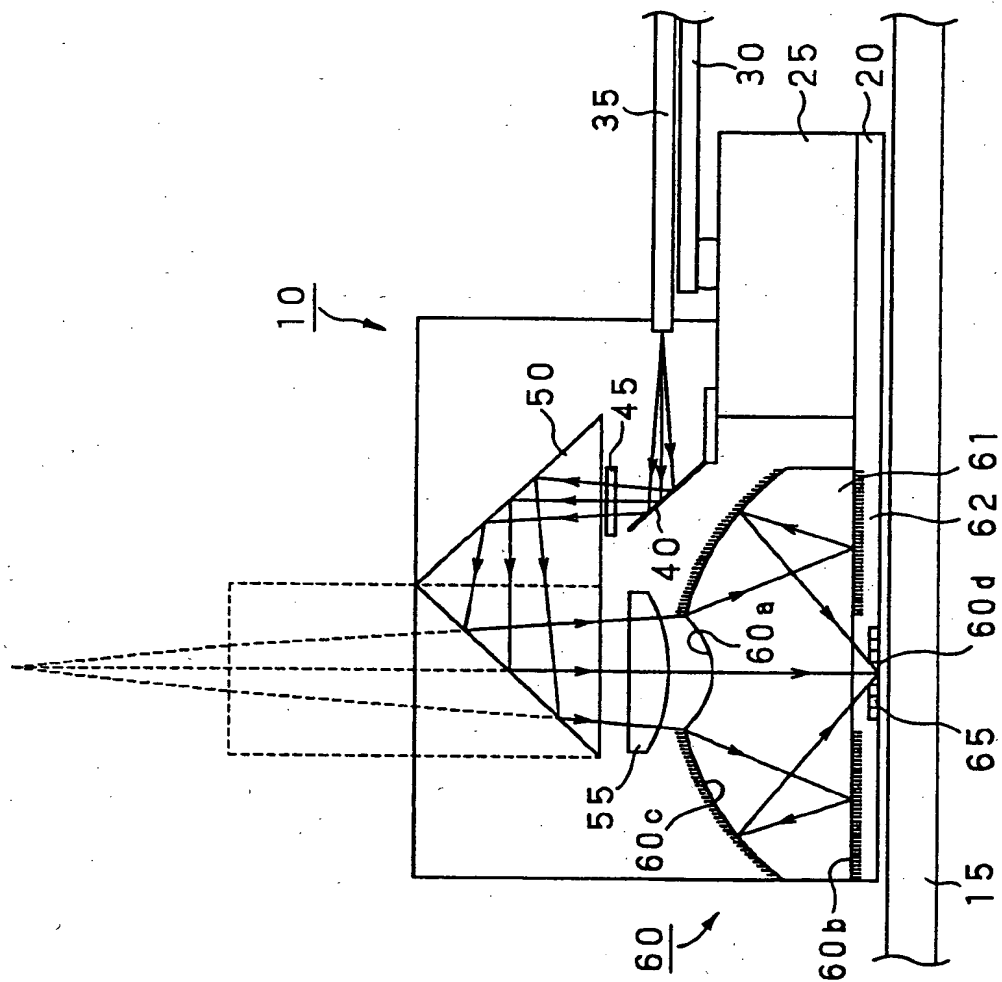


FIG. 10



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/04089

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>6</sup> G11B7/135, G02B17/08, G02B13/00, G02B13/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>6</sup> G11B7/135, G02B17/08, G02B13/00, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI/L, PATOLIS, JOIS, esp@cenet

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
EA	WO, 99/27532, A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 3 June, 1999 (10. 01. 99) (Family: none)	1-8
A	EP, 747744, A1 (HUGHES MISSILE SYSTEMS CO.), 4 June, 1996 (04. 06. 96) & JP, 9-68604, A & KR, 97002387, A & US, 5793538, A	1-8
A	GB, 2315562, A (KLA-Tencor Corporation), 1 July, 1997 (01. 07. 97) & JP, 10-177139, A & US, 5717518, A	1-8
A	JP, 8-201698, A (Asahi Optical Co., Ltd.), 9 August, 1996 (09. 08. 96) (Family: none)	1, 5, 7, 8
A	JP, 1-25113, A (K.K. Mark), 27 January, 1989 (27. 01. 89) (Family: none)	5
A	Nikkei Electronics, 1998. 6. 15 (NO. 718), Pages 48 to 50	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
26 October, 1999 (26. 10. 99)Date of mailing of the international search report  
9 November, 1999 (09. 11. 99)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> G11B7/135, G02B17/08, G02B13/00,  
G02B13/18

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> G11B7/135, G02B17/08, G02B13/00,  
G02B13/18

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国公開実用新案公報 1971-1999年  
日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国実用新案登録公報 1996-1999年  
日本国登録実用新案公報 1994-1999年

## 国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L, PATOLIS, JOIS, esp@cenet

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
EA	WO, 99/27532, A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 03, 6月, 1999 (10, 01, 95) (ファミリーなし)	1~8
A	EP, 747744, A1 (HUGHES MISSILE SYSTEMS CO.) 4, 6月, 1996 (04, 06, 96) & JP, 9-68604, A & KR, 97002387, A & US, 5793538, A	1~8
A	GB, 2315562, A (KLA-Tencor Corporation) 01, 7月, 1997 (01, 07, 97) & JP, 10-177139, A & US, 5717518, A	1~8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 10. 99

国際調査報告の発送日

09.11.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 洋一

5Q

7811

電話番号 03-3581-1101 内線 3590

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 8-201698, A (旭光学工業株式会社) 09, 8月, 1996 (09, 08, 96) (ファミリーなし)	1, 5, 7, 8
A	J P, 1-25113, A (株式会社マーク) 27, 1月, 1989 (27, 01, 89) (ファミリーなし)	5
A	日経エレクトロニクス, 1998. 6. 15 (NO. 718), 48~50頁	1~8